

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-226029

(43)Date of publication of application : 14.08.1992

(51)Int.Cl.

H01L 21/285

B05D 5/12

C23C 16/06

H01L 21/205

H01L 21/285

(21)Application number : 02-415603

(71)Applicant : LSI LOGIC CORP

(22)Date of filing : 28.12.1990

(72)Inventor : HANSEN KEITH J

(30)Priority

Priority number : 90 461959

Priority date : 08.01.1990

Priority country : US

(54) METHOD AND DEVICE FOR SUPPLYING GAS TO CVD CHAMBER

(57)Abstract:

PURPOSE: To evenly coat a fire-resistant metal on an N-type and a P-type silicon regions by coating the fire-resistant metal on the surface of silicon by chemical vapor-deposition(CVD) system in which heating is made by radiation.

CONSTITUTION: Before N-type and P-type regions 2 and 3 reach a temperature about 100° C, optically opaque fire-resistant metal films 90 and 120 (thickness: 100-150Å) are coated on the N-type and P-type silicon regions 2 and 3 by CVD method. With opaque fire-resistance metal films 90 and 120 thus formed, the radiation coefficient of the N-type and P-type regions 2 and 3, even at high processing temperature, is provided by radiation coefficient of the fire-resistant metals 90 and 120. Thus, the fire-resistant metals 90 and 120 are coated on both the N-type and P-type silicon regions 2 and 3 at approximately an equal coating speed. Thus, on both the exposed N-type and P-type silicon regions 2 and 3, the fire-resistant metals 90 and 120 are evenly coated.



特開平4-226029

(43) 公開日 平成4年(1992)8月14日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/285	3 0 1 T	7738-4M		
B 0 5 D 5/12		B 8616-4D		
C 2 3 C 16/06		7325-4K		
H 0 1 L 21/205		7739-4M		
21/285	C	7738-4M		

審査請求 未請求 請求項の数33(全 23 頁)

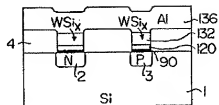
(21) 出願番号	特願平2-415803	(71) 出願人	591011432 エルエスアイ ロジック コーポレーション LSI LOGIC CORPORATION アメリカ合衆国、カリフォルニア州、ミルピタス、マツカーシー プルバード 1551
(22) 出願日	平成2年(1990)12月28日	(72) 発明者	キース・ジエイ・ハンセン アメリカ合衆国カリフォルニア州95133・ サンノゼ・ライマーレイン 1054
(31) 優先権主張番号	07/461,959	(74) 代理人	弁理士 大島 陽一 (外1名)
(32) 優先日	1990年1月8日		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 シリコン膜に低抵抗導電膜を接続するための方法、構造及び装置

(57) 【要約】

【目的】 集積回路に於いて、特に耐火金属を用いてシリコンに対する電気的接触を信頼性高くしかも簡単にすること。

【構成】 従来の実施例に於いては、ウェハ上のN型及びP型シリコン領域に対して金属インターコネクト膜を接触させるためのバリヤ膜を形成するための方法が提供される。ウェハがランプ等の直接的な放射源により加熱され、N型及びP型領域の放射率の差を解消するために、約100℃以下の温度に於いて両領域に対して耐火金属からなる不透明な層が先ず形成される。次に、約230～425℃の温度に於て耐火金属の被着過程が行われる。このような高温の被着過程に於いては、発熱還元反応が接触領域を加熱するに伴い、高融点金属の被着速度を増大させるために還元性ガスの供給量を徐々に増大させる。更に、シリコン表面とそれに接触するバリヤ膜との間の接触速度を高めたり、プロセスガスの純度を高めたり、或いはばね気体ガスをプロセスチャンバ内に導入する際に良好な拡散状態を実現するための方法或いは構造が提供される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 導電性インターコネクタ膜を、ウェハ上に形成された1つまたは複数の露出したシリコン領域に電気的に接続するためのバリア膜を形成するための方法であって、前記領域の温度が約100°Cを超える前に、前記露出シリコン領域上に耐火金属の光学的に不透明な膜を形成する過程と、

所望の厚さを有するバリア膜を形成するために或る時間に亘って所定量の還元性ガス及び耐火金属系のガスを供給しつつ、前記ウェハをCVDチャンバ内に於て概ね一定の露着温度下にて加熱する過程と、
前記ウェハを焼戻すことにより、前記耐火金属と前記シリコン領域との間の境界にシリサイドを形成する過程とを有することを特徴とする方法。

【請求項2】 前記還元性ガスがシランからなり、前記焼戻し過程が前記バリア膜内のシリコン原子がシリサイドを形成するような反応を引き起こさせるものであることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記不透明膜を形成する過程に先立って、概ね全面に於て、耐火金属系のガスをもって前記露出シリコン領域の表面を飽和させ、前記バリア膜と前記シリコン領域との間の接着力を増大させ、かつ前記した耐火金属を蒸着させる過程に於ける触媒として機能するように、前記表面に耐火金属からなる基層を形成する過程を有することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】 前記耐火金属が、タングステン、モリブデン、パラジウム、白金及びタンタルからなるグループから選ばれたものであることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】 或る量の還元性ガスを供給しつつ、CVDチャンバ内に於て、概ね一定露着温度下にて前記ウェハを加熱する過程が、前記バリア膜が形成されつつある時に該バリア膜の温度を上昇させるような発熱還元反応が進行するに伴い、前記耐火金属の蒸着速度を増大させるべく、還元性ガスの供給量を時間と共に増大させる過程を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項6】 前記シリコン領域がN型及びP型領域の両者を含むことを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項7】 前記ウェハが、該ウェハに向けて直接的な放射を行うランプに電力を供給することにより加熱されるものであることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項8】 前記焼戻し過程が、前記ウェハを約650°Cを超える温度に、約10秒を超える時間に亘って保持する過程を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項9】 導電性インターコネクタ膜を、ウェハ上に形成された1つまたは複数の露出したシリコン領域に電気的に接続するためのバリア膜を形成するための方法であって、発熱還元反応が、前記露出シリコン領域上に

2

被覆される耐火金属の温度を上昇し続けるに伴い、耐火金属系のガスの量に対して増大する量の還元性ガスを供給しつつ、CVDチャンバ内に於て、概ね一定露着温度下にて前記ウェハを加熱する過程と、所望の厚さのバリア膜が形成された後に、前記耐火金属と前記シリコン領域との間の境界にシリサイドを形成するべく、前記ウェハを焼戻しする過程とを有することを特徴とする方法。

【請求項10】 耐火金属系のガスの供給量に対して時間と共に増大する量の還元性ガスを供給しつつ前記ウェハを加熱する前記過程に先立って、またバリア膜をプラズマコート蒸着するために或る量の還元性ガスを供給するが耐火金属系のガスを供給することなく、前記ウェハをCVDチャンバ内に於て概ね一定の露着温度下にて加熱し、前記還元性ガスを、前記露出シリコン領域及びこれら露出シリコン領域に互いに分離する酸化膜領域の表面と共に被覆させる過程を有することを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項11】 耐火金属系のガスの供給量に対して時間と共に増大する量の還元性ガスを供給しつつ前記ウェハを加熱する前記過程に於いて、還元性ガス及び耐火金属系のガスをを用いて前記チャンバ内に於て得られたバリア膜を所望の厚さにエッチングする過程を有することを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項12】 導電性インターコネクタ膜を、ウェハ上に形成された1つまたは複数の露出したシリコン領域に電気的に接続するためのバリア膜を形成するための方法であって、前記露出シリコン領域の表面を概ね全面に於て耐火金属系ガスにより飽和させることをもって、前記シリコン領域の前記表面に耐火金属からなる基層を形成し、前記表面とその表面に蒸着されるべき耐火金属膜との間の接着力を増大させる過程と、

所望の厚さを有するバリア膜を形成するために或る時間に亘って所定量の還元性ガス及び耐火金属系のガスを供給しつつ、前記ウェハをCVDチャンバ内に於て概ね一定の露着温度下にて加熱する過程と、
前記ウェハを焼戻しすることにより、前記耐火金属と前記シリコン領域との間の境界にシリサイドを形成する過程とを有することを特徴とする方法。

【請求項13】 ウェハ上に形成された多結晶シリコン膜と金属皮膜との間の電気的接触を達成するために、前記多結晶シリコン膜に接触する導電性バリア膜を形成するための方法であって、発熱還元反応が、前記多結晶シリコン膜上に被覆された耐火金属の温度を上昇し続けるに伴い、耐火金属系のガスの量に対して増大する量の還元性ガスを供給しつつ、CVDチャンバ内に於て、概ね一定露着温度下にて前記ウェハを加熱する過程と、
所望の厚さのバリア膜が形成された後に、前記耐火金属と前記多結晶シリコン膜との間の境界にシリサイドを形成するべく、前記ウェハを焼戻しする過程とを有することを特徴とする方法。

3

【請求項14】 耐火金属系のガスの供給量に対して時間と共に増大する量の還元性ガスを供給しつつ前記ウエハを加熱する前記過程に先立って、また導電性ピア膜をプラケットに附着するために、或る量の還元性ガスを供給するが耐火金属系のガスを供給することなく、前記ウエハをCVDチャンバ内に於て概ね一定の蒸着温度下に於て加熱し、前記還元性ガスを、前記第1の金属皮膜及び第2の金属皮膜上に形成された酸化膜領域の表面と共に共生させる過程と、発熱還元反応が、前記第1の金属皮膜上に被着される耐火金属の強度を上昇し続けるに伴い、前記耐火金属の蒸着速度を増大させるべく、耐火金属系のガスの量に対して増大する量の還元性ガスを供給しつつ、CVDチャンバ内に於て、概ね一定蒸着温度下に於て前記ウエハを加熱する過程とを有することを特徴とする方法。

【請求項15】 耐火金属系ガスの供給量に対して時間と共に増大する量の還元性ガスを供給しつつ前記ウエハを加熱する前記過程に於いて、還元性ガス及び耐火金属系ガスをを用いて前記チャンバ内に於て得られたピア膜を所望の厚さにエッチングする過程を有することを特徴とする請求項14に記載の方法。

【請求項16】 前記還元性ガスがシランからなることを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項17】 前記多結晶シリコン膜と、シランを還元性ガスとして用いて該多結晶シリコン膜上に形成される耐火金属膜との間の接着力を増大させるように、前記多結晶シリコン膜上に、純度の高い耐火金属からなる基層を形成するべく、CVDチャンバ内に於て、所定量の耐火金属系のガスを供給しつつ、前記ウエハを加熱する過程を有することを特徴とする請求項16に記載の方法。

【請求項18】 前記還元性ガスが水素からなることを特徴とする請求項13項に記載の方法。

【請求項19】 ウエハ上に形成された第1の金属皮膜と第2の金属皮膜との間の電気的接続を達成するために、前記第1の金属皮膜に接触する耐火金属からなる導電性ピア膜を形成するための方法であって、前記第1の金属皮膜の露出面を清浄化する過程と、発熱還元反応が、前記第1の金属皮膜上に被着される耐火金属の強度を上昇し続けるに伴い、前記耐火金属の蒸着速度を増大させるべく、耐火金属系のガスの量に対して増大する量の還元性ガスを供給しつつ、CVDチャンバ内に於て、概ね一定蒸着温度下に於て前記ウエハを加熱する過程を有することを特徴とする方法。

【請求項20】 前記第1の金属皮膜及び第2の金属皮膜がアルミニウムを含むことを特徴とする請求項19に記載の方法。

【請求項21】 前記還元性ガスがシランからなることを特徴とする請求項20に記載の方法。

【請求項22】 前記清浄化過程が、前記第1の金属皮膜の前記露出面を清浄化すべくRFSバックエッチングを用いる過程を含むことを特徴とする請求項19に記載の方法。

【請求項23】 ウエハ上に形成された第1の金属皮膜と第2の金属皮膜との間の電気的接続を達成するために、前記第1の金属皮膜に接触する耐火金属からなる導

4

電性ピア膜を形成するための方法であって、或る量の還元性ガスを供給するが耐火金属系のガスを供給することなく、前記ウエハをCVDチャンバ内に於て概ね一定の蒸着温度下に於て加熱し、前記還元性ガスを、前記第1の金属皮膜及び第2の金属皮膜上に形成された酸化膜領域の表面と共に共生させる過程と、発熱還元反応が、前記第1の金属皮膜上に被着される耐火金属の強度を上昇し続けるに伴い、前記耐火金属の蒸着速度を増大させるべく、耐火金属系のガスの量に対して増大する量の還元性ガスを供給しつつ、CVDチャンバ内に於て、概ね一定蒸着温度下に於て前記ウエハを加熱する過程とを有することを特徴とする方法。

【請求項24】 CVDチャンバを清浄化するために、該CVDチャンバをそのままエッチングするための方法であって、

前記CVDチャンバの壁面を約65°Cを越える温度に加熱する過程と、

前記CVDチャンバ内にNF3エッチングガスを注入する過程と、

前記CVDチャンバの前壁面をエッチングするべく、前記NF3ガスを活性化するためにRFパワーを供給する過程とを有することを特徴とする方法。

【請求項25】 CVDチャンバ内に於いて用いられ、CVDチャンバ内にガスを抜取するための装置であって、或る材料の粒子を捕捉し、分離された個々の粒子間の空隙を介してガスが排出し得るようにしたことを特徴とする装置。

【請求項26】 前記捕捉装置が、ステンレス鋼の球体を施結してなるものであることを特徴とする請求項25に記載の装置。

【請求項27】 前記捕捉装置が、出口ポートを有するガス不透過性のリング上に設けられていることを特徴とする請求項25に記載の装置。

【請求項28】 CVDチャンバに導入されるプロセスガスを、該CVDチャンバに導入される前に濾過するための装置であって、プロセスガス流に接続された入力ポートと、前記入力ポートをガスラインの第1の部分に接続するために、前記入力ポートのそれぞれの直下流側に接続された第1のバルブ手段と、

前記第1のバルブ手段の直下流側に設けられた第1の濾過手段と、

前記ガスラインの前記第1の部分と前記ガスラインの第2の部分に接続するために、前記第1の濾過手段の直下流側に設けられた第2のバルブ手段と、

前記第2のバルブ手段と前記CVDチャンバとの間に接続された第2の濾過手段とを有することを特徴とする装置。

【請求項29】 前記入力ポート、前記第1のバルブの手段、前記第1の濾過手段、前記第2のバルブ手段及び前記第2の濾過手段を収納するケースと、前記各部分

内に含まれる汚染物質を蒸発させるために前記各部分を加熱するために、前記ケース体内に設けられた内部加熱要素とを有することを特徴とする請求項28に記載の装置。

【請求項30】 前記プロセスガスが6フッ化タンゲステン及びシリコンを含むことを特徴とする請求項28項に記載の装置。

【請求項31】 導電性インターコネクト膜を、ウェハ上に形成された1つまたは複数の露出したシリコン領域に電気的に接続するためのバリア膜を形成するための装置であって、前記領域の温度が約100°Cを越える前に、前記露出したシリコン領域上に耐火金属の光学的に不透明な膜を形成するための手段と、

所望の厚さを有するバリア膜を形成するために成る時間に亘って所定量の還元性ガス及び耐火金属系のガスを供給しつつ、前記ウェハをCVDチャンバ内に於て概ね一定の蒸着温度下に加熱するための手段と、

前記ウェハを焼戻すことにより、前記耐火金属と前記シリコン領域との間の境界にシリサイドを形成するための手段と、

前記形成手段、前記加熱手段及び前記焼戻し手段を自動的に制御するための手段とを備えることを特徴とする装置。

【請求項32】 導電性インターコネクト膜を、ウェハ上に形成された1つまたは複数の露出したシリコン領域に電気的に接続するためのバリア膜を形成するための装置であって、発熱還元反応が、前記露出したシリコン領域上に被覆された耐火金属の温度を上昇し続けるに伴い、耐火金属系のガスの量に対して増大する量の還元性ガスを供給しつつ、CVDチャンバ内に於て、概ね一定蒸着温度下に前記ウェハを加熱するための手段と、

所望の厚さのバリア膜が形成された後に、前記耐火金属と前記シリコン領域との間の境界にシリサイドを形成するべく、前記ウェハを焼戻しするための手段と、前記加熱手段及び前記焼戻し手段を自動的に制御するための手段とを備えることを特徴とする装置。

【請求項33】 導電性インターコネクト膜を、ウェハ上に形成された1つまたは複数の露出したシリコン領域に電気的に接続するためのバリア膜を形成するための装置であって、前記露出したシリコン領域の表面を概ね室温下に於て耐火金属系ガスにより処理することをもって、前記シリコン領域の前記表面上に耐火金属からなる基層を形成し、前記表面とその表面に蒸着されるべき耐火金属膜との間の接着力を増大させるための手段と、

所望の厚さを有するバリア膜を形成するために成る時間に亘って所定量の還元性ガス及び耐火金属系のガスを供給しつつ、前記ウェハをCVDチャンバ内に於て概ね一定の蒸着温度下に加熱するための手段と、

前記ウェハを焼戻すことにより、前記耐火金属と前記シリコン領域との間の境界にシリサイドを形成するた

めの手段と、前記焼戻手段、前記加熱手段及び前記焼戻し手段を自動的に制御するための手段とを備えることを特徴とする装置。

【請求項34】 ウェハ上に形成された多結晶シリコン膜と金属皮膜との間の電気的接触を達成するために、前記多結晶シリコン膜に接触する導電性ビア膜を形成するための装置であって、発熱還元反応が、前記多結晶シリコン膜上に被覆される耐火金属の温度を上昇し続けるに伴い、耐火金属系のガスの量に対して増大する量の還元性ガスを供給しつつ、CVDチャンバ内に於て、概ね一定蒸着温度下に前記ウェハを加熱するための手段と、所望の厚さのビア膜が形成された後に、前記耐火金属と前記多結晶シリコン膜との間の境界にシリサイドを形成するべく、前記ウェハを焼戻しするための手段と、前記加熱手段、前記加熱手段及び前記焼戻し手段を自動的に制御するための手段とを備えることを特徴とする装置。

【請求項35】 ウェハ上に形成された第1の金属皮膜と第2の金属皮膜との間の電気的接触を達成するために、前記第1の金属皮膜に接触する耐火金属からなる導電性ビア膜を形成するための装置であって、前記第1の金属皮膜の露出部分を洗浄するための手段と、発熱還元反応が、前記第1の金属皮膜上に被覆される耐火金属の温度を上昇し続けるに伴い、前記耐火金属の蒸着速度を増大させるべく、耐火金属系のガスの量に対して増大する量の還元性ガスを供給しつつ、CVDチャンバ内に於て、概ね一定蒸着温度下に前記ウェハを加熱するための手段と、

前記洗浄手段及び前記加熱手段を自動的に制御するための手段とを備えることを特徴とする装置。

【請求項36】 前記洗浄手段が、ウェハ搬送システムを介して前記CVDチャンバに接続されたRFスパッタエッチングチャンバからなり、前記ウェハを大気圧に曝露しないように、かつ前記ウェハが前記エッチングチャンバから前記CVDチャンバに向けて搬送されるように、前記エッチングチャンバと前記CVDチャンバとが、前記ウェハ搬送システムにより接続されていることを特徴とする請求項35に記載の装置。

【請求項37】 CVDチャンバを洗浄するための手段、該CVDチャンバをそのままエッチングするための装置であって、前記CVDチャンバの壁面を約65°Cを越える温度に加熱するための手段と、前記CVDチャンバ内にNF3エッチングガスを注入するための手段と、

前記加熱手段及び前記注入手段を自動的に制御するための手段とを備えることを特徴とする装置。

【請求項38】 CVDチャンバ内にガスを拡散させるための方法であって、或る材料の粒子を焼結してなる試料を手を用いて、焼結された個々の粒子間の空隙を介し

てガスを流出させることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、シリコンを用いた集積回路に関し、特に耐火金属を用いて、シリコンに対する電気的接触を達成するための改良された方法及び装置などに関する。

【0002】

【従来の技術】 マイクロエレクトロニクスの分野に於ては、シリコンに対する電気的接触を達成する際に、アルミニウムなどからなる金属皮膜と、シリコンの部分との間を、アルミニウムとシリコンとが直接接触することなく導電性のインターフェースを介して接続したい場合がしばしばあるが、アルミニウムをシリコン上に直接被着した場合には種々の問題が発生し得る。

【0003】 アルミニウムをシリコン上に直接被着した場合には生じる重要な問題の1つとしては、アルミニウムがP型ドーパントとして機能し、アルミニウム原子がシリコン領域内に拡散すると、シリコン領域がP型不純物によりドーパされるという問題がある。これは、アルミニウムがN型のシリコン領域に接触し、P型のアルミニウム原子がシリコン領域内に拡散した場合には好ましくない整流能力を有する接合が引起されるために重要な問題となる。

【0004】 もう1つの問題としては、アルミニウムが薄いシリコン領域を貫通するような突起（スパイク）を発生し易く、アルミニウムがシリコン領域の下側の層や隣接するシリコン領域と接触してしまうことがある。

【0005】 更に、もう1つの問題としてはシャドウ効果がある。即ち、酸化膜がシリコン領域を露出させるようにエッチングされ、酸化膜の表面と露出シリコン領域の間に比較的に大きな段差が存在することから、露出したシリコン領域の表面と酸化膜の壁面上にアルミニウムが不均一に被着されるという問題が発生する。そのために、露出シリコン面内は酸化膜壁面に対するアルミニウムの被着が不十分となるため、本来導通すべきところが、非導通となってしまう虞れが生じる。

【0006】 集積回路が小型化するのに伴い、上記した問題が益々深刻となる。しかも、反応温度が高まるに伴い、アルミニウム原子のシリコン内の拡散が促進されことから、高い反応温度が用いられる場合にも上記した問題が益々深刻となる。更に、長期間の間に、アルミニウム原子がシリコン内に更に拡散し、潜在的な欠陥の原因となり、コンタクト領域の信頼性を低下させるという問題が発生する。従来からアルミニウムとシリコンとの直接的な接触により引起される上記したような問題を解消するための種々の提案がなされてきた。

【0007】 その1つに、アルミニウムをシリコンにより飽和させ（通常アルミニウムに対するシリコンの量を0.2～1重量%とする）ことによりアルミニウム原子

の拡散を抑制するものがある。この方法の欠点は温度の上昇に伴いアルミニウムの飽和レベルが高まり、従って飽和したアルミニウムが冷却すると、アルミニウム膜の直下のシリコンの基層表面上にシリコンの析出物が発生し、好ましくないP型エピタキシャル膜が形成される点にある。また、この方法を用いた場合でもシャドウ効果が依然として問題となる。

【0008】 アルミニウムとシリコンとの間の直接的な接触に起因する問題を回避するため更に別の従来技術に基づく方法としては、シリコン表面にアルミニウム金属皮膜を被着する前に、シリコン上の1つまたは複数の境界膜を形成するものがある。この種の方法及び米国特許第3,777,364号明細書に記載されており、それ以外にも多数の米国特許明細書がこのような技術に関連している。このような従来技術に基づく方法によれば、タンガステン、モリブデン、パラジウム、白金或いはタンタルなどの耐火金属が、露出したシリコンまたは多結晶シリコン上に被着され、かつ反応を起こすことにより、シリサイド膜を形成する。被着された耐火金属のうちで、シリコンと反応していない上面は除去される。それに引続いてアルミニウム金属皮膜が被着される。このようにしてアルミニウムとシリコンとの間に形成されたシリサイド膜は、アルミニウム原子に対するバリアとして機能し、アルミニウムがシリコンに向けて拡散するのを防止し、アルミニウムとシリコンとの間に低い抵抗を伴う接触を実現する。更に、このような過程により、アルミニウム金属皮膜を被着する際に、段差を、例えば、1,200オングストローム程度減少させることができる。

【0009】 上記したようなシリサイド膜を形成する方法の問題は、例えばタンガステンシリサイドを化学蒸着（CVD）により、6フッ化タンガステンWF₆を反応ガスとして用いて、タンガステンシリサイドをアルミニウムとシリコンとの間に形成した場合に、CVDプロセスに於て必要とされる高温により、高強度のCVDチャンバ壁面がWF₆ガスと反応することにある。そのため、ウェハの表面に対するタンガステンの蒸着速度が低下する。

【0010】 タンガステンをウェハの表面にスパッタリングすることにより、チャンバの高温の壁面にフッ化金属ガスと反応するという問題を回避することができるが、耐火金属皮膜をスパッタリングにより形成することは、次のような限界を有している。

【0011】 (1) このような皮膜は高い応力状態にある場合が多く、従ってクラックを生じ易い。

(2) このような皮膜は段差を覆う能力が低いことを特徴としている。

(3) このような皮膜は、形成するために高いコストを必要とする。

(4) とえられた時間内に処理できるウェハの数が比較的少ない。

9

(5) スパッタリング用の装置は、装置コスト及び稼働コストが比較的高い。

[0012] かくして、高温強面を伴うCVDプロセスにより耐火金属をシリコンに被着させる方法は、被着速度が低く、しかも脱炭を覆う能力が低い点に限界を有している。

[0013] 米国特許第4,794,019号明細書には、高温の雰囲気を作ったCVDチャンバを用いたタングステン被着方法が開示されており、タングステンの被着速度が時間と共に減少し、約3,000オングストロームの厚さに於て25オングストローム/分の定常速度に達することが記載されている。(コラム3, 第31~33行)

[0014] この米国特許によれば、シリコンウェハ上にタングステンを被着するために300°C程度の温度を用いるCVDプロセスが開示されている。タングステンは、この程度の温度に於て、シリコンと共に良好に核生成を行うが、二酸化シリコンとは良好に核生成を行わず、従ってこの方法は、シリコン上にはタングステンを被着するが、二酸化シリコン上にはタングステンを被着しないような選択的な被着方法として用いられる。

[0015] しかしながら、この方法によれば、約3,000オングストロームを越える厚さに耐火金属を被着するためには、比較的多大な時間及びコストを必要とする。

[0016] チャンバの高温の壁面がフッ化金属ガスと反応することによる被着速度が低下という問題を解決するための1つの方法は、石英ハロゲンランプその他の放射源を用いてウェハに対して直接的な放射を行い、ウェハを局部的に加熱することである。しかしながらこのウェハを局部的に加熱することによれば、N型及びP型シリコン領域に対して放射を行った場合に、これら2つの領域の放射率が異なることから、N型及びP型シリコン領域に対する耐火金属の被着速度に差が生じる。このような不均一な被着結果が得られる場合には、N型及びP型シリコン領域の両者に対して良好な電気的接触を達成しようとする、金属インターコネクト膜(interconnect)を効率的に被着することが困難となる。

[0017]

[発明が解決しようとする課題] このような従来技術の問題点に鑑み、本発明の主な目的は、集積回路の製造に関する技術分野に於いて、耐火金属をアルミニウムとシリコンとの間のバリア膜を比較的高い速度をもって被着することができ、シリコン表面の脱炭を減少させることができ、しかも露出したN及びP型シリコン領域の両者上に耐火金属を均一に被着し得るような方法を提供することである。

[0018]

[課題を解決するための手段] 本発明は、マイクロエレクトロニクス回路を製造する際に用いられるシリコン

10

の表面に耐火金属を被着する技術に関する。

[0019] 上記したような種々の問題を回避するために、好ましくは、低い壁面温度を可能にする、放射により加熱される化学蒸着(CVD)システムが、耐火金属を被着するために用いられ、各ウェハが例えば広帯域光源により加熱される。従って、シリコン基層とアルミニウム皮膜との間にバリア膜(barrier layer)を形成するためにウェハに対して行われる被着過程が、高温のガス(WF6)と高温の壁面との間の反応により制限されることがない。

[0020] 或る好適実施例に於ては、N型及びP型シリコン領域が放射を受けた時に、異なる放射率を呈することに起因する、N型及びP型シリコン領域に於ける被着速度の差異を解消するために、N型及びP型領域が約100°Cの温度に達する前に、N型及びP型シリコン領域に対して光学的に不透明な耐火金属の膜(少なくとも100~500オングストローム)を先ず被着する。100°Cの膜を越えるN型及びP型領域の放射率が大きく異なることから、この不透明膜を100°C以下の温度に於て形成するのが好ましい。不透明耐火金属膜が形成されると、高いプロセス速度に於ても、N型及びP型領域の放射率が耐火金属の放射率により与えられ、従ってN型及びP型シリコン領域の両者に対して概ね等しい被着速度をもって耐火金属を被着することができる。

[0021] 好適実施例によれば、更に、200~300°C程度の高い蒸着温度に於て、耐火金属ガス(WF6)を還元するためCVDチャンバ内に導入されるSiH4などの還元性ガスの量を時間と共に増大させ、被着された耐火金属の厚さが増大し、発熱性の還元反応により接触領域の温度が上昇するのに伴い、耐火金属の被着速度を増大させるように、CVDチャンバ内に於て利用可能な還元性ガスの量を増大させる。

[0022] 本発明の好適実施例に於て、シリサイドバリア膜を形成するために用いられるプロセスは、(1) 接触されるべきシリコン領域からなる有機性または金属性の汚染物を除去するようにシリコンウェハの露出表面を精神化する過程と、(2) 接触されるべきシリコン領域から酸化物を除去するためにウェハの表面を精神化する過程と、(3) 耐火金属が迅速かつ予測される量を均一に核生成を行うように、シリコンの結晶格子構造の欠陥を除去する過程と、(4) プロセスガスの高い純度を維持しその流量を正確に制御するために種々のガスライン及びプロセスチャンバをバージする過程と、(5) 20~30°C程度の概ね室温下に於て、シリコンの表面を耐火金属ガスにより飽和させ、その後被着される耐火金属のための触媒として機能させ、シリコンの表面とその上に形成されるべきバリア膜との間に強力な接着力を形成するために、シリコンの表面に予備的な耐火金属皮膜を形成する過程と、(6) シリコン領域の温度が約100°Cに到達する前に、プロセスガスをC

11

V Dチャンパ内に導入しつつ、露出したシリコン領域上に耐火金属膜を、少なくとも100〜500オングストロームの厚さを有する光学的に不透明な膜を、十分に低い速度をもって形成するべく、ウェハの温度を徐々に上昇させる過程と、(7)発熱還元反応が、被覆された耐火金属膜の温度を上昇させるに伴い、耐火金属の被覆速度を増大させるべく、還元性ガスの供給速度を徐々に増大させつつ比較的一定の被覆温度下にてウェハを加熱する過程と、(8)ウェハを約650°C以上の温度をもって焼戻し、耐火金属とシリコンの表面との間の境界をシリサイド化し、被覆された耐火金属内のシリコンの原子を反応させることにより、接触抵抗率を低下させるようにシリサイドを形成させる過程と、(9)ウェハをCVDチャンパから取出す前にウェハを冷却する過程とを有する。

【0023】上記した本発明の好適実施例に於ては、過程(7)に於てS1H4などのシリコン系の還元性ガスが、WF6などの耐火金属系ガスを還元するために用いられ、耐火金属と共に、シリコン原子も被覆される。従って耐火金属及びシリコンが過程(8)に於て焼戻される際に、シリコンの基層が殆ど消費されない。

【0024】本発明の成る好適実施例に於ては、上記した低い被覆速度及びN型及びP型シリコン領域に於ける被覆速度の差異を解消するという特徴に加えて、CVDチャンパ内に導入されるプロセスガスを拡散するための新規な装置手段、チャンパ内の不純物の滞留時間を減少させるように高いコンダクタンスを有するガスライン及び吸着されたガス分配装置システムを用いるという特徴を備えている。

【0025】本発明に基づく方法の成る実施例は、耐火金属の被覆過程を何回か行った後に、CVDチャンパからN D3を除去する過程に際して、CVDチャンパを約65°C以上の温度に加熱し、副産物がCVDの壁面に凝結しないようにするCVDチャンパの循環化過程を含む。

【0026】上記した被覆過程の成る変形例によれば、本発明に基づく方法が、耐火金属をブラックニング蒸着したり、2つの導電膜間のピア膜として用いられる耐火金属膜を被覆するために用いられる。又、本発明に基づくピア膜を形成するための装置は、ウェハをスパッタエッチングを行うステーションからCVDチャンパに向けて低い圧力状態のまま搬送することが可能。

【0027】

【実施例】A. 選択的な被覆プロセス。

上記したような別策を実施する同時に、金属膜とシリコンとの間に被覆された電気的接触を達成するため露出シリコン表面上に耐火金属を選択的に被覆するために次のような方法が用いられる。

【0028】まず、よく知られた従来の技術に基づく方法により、シリコンウェハ上に、アルミニウムイター

12

コネクト膜により電気的に接続されるべき種々の領域をシリコン基層上に形成する。更に、ウェハの表面の二酸化シリコンその他の絶縁性の膜が形成され、公知の方法を用いて、シリコン基層の選択的に露出される領域をエッチングし、金属膜により電気的に接続されるべき露出領域をシリコンの基層上に形成する。露出したシリコン領域を形成するための例が、米国特許第4,546,370号明細書に記載されている。

【0029】A (1). 露出シリコン面からの汚染物の除去。

露出シリコン領域上にパリア膜を選択的に形成する本発明の好適実施例に於ける第1のステップに於ては、露出した基層表面から有機性及び金属性の汚染物を除去するために、ウェハを120°Cの過酸化水素酸浴内に約5分間浸漬する。このステップとして、汚染物を除去するための他のよく知られた方法を用いることができる。しかしながら、露出基層表面上の汚染物の量が無視し得るものである場合にはこのステップを省略することもできる。

【0030】A (2). 露出シリコン面からの酸化物の除去。

第2のステップに於ては、ウェハを、例えば、5部のフッ化アンモニウムと、1部のフッ化水素酸と、8部の水とからなる酸面酸化エッチング液内に浸漬化に於て約5秒間保持する。このステップにより、露出基層表面からその酸化物または外部からの酸化物が除去される。しかしながら、露出面状に酸化物が十分存在していない場合には、このステップを省略することもできる。このステップを実施するために、その他のよく知られた手法を用いることもできる。この酸化物除去を行うステップにより、パターン化された酸化物の表面の一部も除去されるが、このようなパターン化された酸化物の厚さが比較的大きいことから、それらの厚さが減少する度合は無視し得る程度である。

【0031】A (3). 結晶構造の損傷の除去。

第3のステップに於て、イオン注入またはエッチング過程により引起こされた露出シリコン面に対する損傷が、従来から知られている3フッ化窒素N D3シリコンエッチング液またはその他の公知の手法を用いて除去される。このN D3エッチング液を用いて行われるプロセスによれば、シリコンの結晶構造に対する損傷が発生した部分のシリコンの表面層が実際に除去される。シリコンの結晶構造の損傷を除去するのは、耐火金属がシリコンの表面と共に、良好な核生成を行いつつもそれを予測し得る速度をもって行い得るようになるためである。このステップも、シリコンの結晶格子構造に対する損傷が無視し得るような場合には、省略することができる。

【0032】シリコンの結晶格子構造の損傷を除去するためにシリコンをエッチングする代わりに、シリコン原子を再配列させるように急速焼戻しを行い、結晶格子構

造を修復させることもできる。この焼戻し過程は、修復されるべき損傷のタイプ及び量に応じて約600〜850°Cの温度に於て10〜60秒間行うのが好ましい。

図1は、この第1〜3のステップの後のウェハを示している。シリコンウェハ1は、露出したN型領域2とP型領域3とを有し、更に、パターン化された酸化膜4を有している。次にウェハ1が、図8に示された、米国特許第4,796,562号明細書に記載されているようなCVDチャンバ内に置かれる。図8に示されたCVDチャンバの詳細については後記する。

【0033】A(4)、高純度を得るためのガスラインのページ。

第4のステップに於ては、ガスの純度及び安定性を確保するために、ウェハ1を受容するCVDチャンバ内にガスを導入する前に、バイパスラインから排出真空ラインに向けてプロセスガスを少なくとも7秒間パージする。最高度のガスの純度を確保するために、第4のステップは、各蒸気過程が終了する度ごとに実施される。しかしながら、ガスの純度のレベルが許容範囲内であって所望の純度を有する流量が確保できる場合には、このステップを略することもできる。

【0034】図6は、本実施例に於けるCVDシステムに用いられるガスの供給フィルタ及び純化ネットワーク5を示すダイヤグラム図である。本実施例に於て少なくとも99.999%の高い純度を有するSiH₄、H₂、Ar及びWF₆などからなるプロセスガスが、図示されたネットワーク5の入口ポート6、7、8及び9に供給される。CVDチャンバエッチングガスSF₆及びNF₃は、それぞれ入口ポート10、11に供給される。高い純度を維持するために全てのガスラインは電解研磨されたステンレス鋼からなるものとする。

【0035】まず、ウェハロットの処理期間の間の、蒸着システムがこれから4時間以上の時間によって使用されないスタンバイモードに於ては、プロセスガスバルブ12〜15、22、24、26、27、40、41、47及び48は、全て閉じられ、プロセスガスライン25、30、46及び51が遮断される。エッチングガスバルブ16、17、34、38並びにN₂バルブ32は、パージされる必要がないことから、これらも閉じられる。窒素バックフィル(backfill)バルブ5、56も閉じられるが、これは、バックフィルは有害または発火性を有するために用いられないもので、保守点検時に診断的な目的のためにのみ用いられるものであるからである。他の全てのバルブは、ライン内に汚染物が侵入するのを防止するようにプロセスガスラインをN₂により加圧するために開かれる。特に、バルブ18〜21及び23は、N₂がSiH₄ガスライン25を加圧し得るように開かれる。バルブ28及び29は、N₂によりH₂ガスライン30を加圧するために開かれる。

【0036】バルブ31及び42〜45は、N₂により

Arガスライン46を加圧するために開かれる。バルブ45及び50は、N₂によりWF₆ガスライン51を加圧するために開かれる。

【0037】ガスライン52、53及び54は、CVDチャンバに至るガスラインに接続されており、上記したようなバルブを開くことにより、ネットワーク5から遮断される。

【0038】真空ライン57及び58に接続された真空システムは、このスタンバイモード中に、約1リットル/分の割合で種々のガスラインからN₂を吸い込む。種々のマスフローコントローラ(MFC)76、77、80及び81は、日本のSTECコーポレーションから市販されているSTECモデル3400SL-SP-UCベイカルMFC(商品名)等のバイパスタイプのものからなる。被検内に示されたバルブは、モノブロック形式のものであって、例えば日本のモトヤマコーポレーションから市販されているモトヤマモデルMVI L M 08 B(商品名)などからなる。

【0039】ウェハがCVDチャンバ内に置かれた後にSiH₄ガスライン25及びH₂ガスライン30をパージする第4のステップを実施するために、バルブ19、20及び28が、ガスライン25及び30へのN₂の供給を遮断するために閉じられる。次に、バルブ12、13、22及び26が開かれ、SiH₄及びH₂ガスが、ライン25及び30及び真空ライン57を介して流れることができるようになる。SiH₄及びH₂の流量は、真空ライン27に接続された図示されないポンプにより得られる圧力及びMFC76及び77の開度により決定される。好ましくは、パージステップに於ける全てのガスの流量を、耐火金属被覆過程に際して用いられる流量に等しくし、ガスライン52に向けてガスを導入する時にプロセスガスのサージが発生しないようにする。

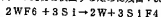
【0040】Arガスライン46及びWF₆ガスライン51をパージするために、バルブ42、44及び49が、ガスライン46及び51へのN₂の供給を遮断するために閉じられる。

【0041】次に、バルブ14、15、40及び47が開かれ、Ar及びWF₆ガスが、ライン46及び51及び真空ライン58を流れることができるようになる。Ar及びWF₆の流量は、真空ライン58に接続された図示されないポンプにより得られる圧力及びMFC80及び81の開度に応じて決定され、耐火金属被覆過程に際して用いられる流量に等しくされる。このガスラインのバージ過程は、高い純度及び流量の安定性を確保するために少なくとも7秒間実施される。

【0042】次に、プロセスガスは、真空ライン57及び58、プロセスガスライン25、30、46及び51、CVDガスライン52及び54、ガスライン29及び55に接続されたバルブ23、24、27、28、42、43、44及び50を制御することにより、CVDブ

ロセスチャンバに導入されるべく制御される。入力ポート6から導入されるS1H4還元ガス、入力ポート7から導入されるH2ガス及び入力ポート8から導入されるArガスは、有機金属化合物を含むナノケム(Nanochem; 商標名) フィルタ61及び62によりそれぞれ通過され、更に、従来形式の多孔質のガスフィルタ70、71及び72によりそれぞれ濾過される。ナノケムフィルタは、カリフォルニア州サンノゼに所在するSemil-Gas, Inc. により製造されている。Arガスは、更に、ゲッタ材料Zr-V-Feを含むモデルS707Saees-Purifier (商標名) フィルタ73により濾過される。エッチングガスSF6及びNF3は、それぞれ従来形式の多孔質のフィルタ74及び75により濾過される。ライン25、30、35、39、46及び51に於けるガスの流れは、マスフローコントローラ(MFC) 76-81により制御され、かつ計測される。

【0043】 図示されない露点センサが真空ライン57及び58及びN2ライン84及び85に設けられ、これらのライン内のH2O蒸気の量が所定のレベル以下であるかを判定する。ガス供給及び排気用ネットワーク5は、CVDシステムの一部として用いられる前に約125°Cの温度をもって約37時間バークされガスライン中の水蒸気が除去される。図6に示されるように、ネットワーク5のケース内にはこの目的で抵抗性加熱要素87が設けられている。図7に示されるように、ネットワーク4を含む部材8は、アルミニウム基層89上に被覆され、抵抗性加熱要素87は、基層89を加熱し、部材8をバークするために、基層89の他方の側に被覆されている。ガスライン内の不純物を検出するために残留*



【0048】 式1から理解されるように、WF6のフッ素原子は、揮発性の反応生成物(S1F4)として除去され、タングステンが、シリコンの表面に被覆される。室温下に於て、S1表面とWF6との反応が、露出シリコンの全面を耐火金属膜により覆うのに十分ではない場合がある。しかしながら、このタングステン基層は、露出シリコンと周囲に接する、従って、その後形成されるバリウム膜とシリコン基層との間の接着力を増大させることができる。この基層は、更に、タングステンを更に被覆し、概ねS1O2絶縁膜4以外のシリコンの表面のみ耐火金属膜を選択的に被覆させるための触媒としても機能する。S1O2は、室温下に於てWF6をそれ際還

*ガスアナライザが用いられる。

【0044】 1つのウェハから次のウェハへと交換する間の短時間のスタンバイモードに於ては、プロセスガスライン25、30、46及び51内の全てのガスを真空ライン57及び58を介して吸い出し、熱的なサイフォン減少や腐蝕が起きないようにしている。これは、バルブ22、24、26、27、40、41、47及び48を閉じバルブ23、29、43及び50を開き、ガスライン25、30、46及び51を真空ライン57及び58に接続することにより達成される。

【0045】 以下に詳しく説明するような機能を果たすために、S1H4、H2、Ar、WF6などのガスに代えて、他の公知のプロセスガスを用いることができる。

【0046】 A(5)、耐火金属系のガスによる露出シリコン面の処理。

第5のステップに於ては、図2に示されるように耐火金属系ガスがウェハ1を受容するCVDプロセスチャンバ内に導入され、還元性ガスがチャンバ内に入注される前に、例えば30°C以下の温度に於て、露出シリコン領域2及び3を飽和する好適実施例に於ては、シリコン基層表面を飽和させるためにWF6が用いられた。しかしながら、シリコンにより還元され耐火金属膜として被覆されることがある。この飽和ステップに於て、WF6は、露出シリコンにより還元され、露出シリコン領域2及び3上に数層のタングステン単原子膜92を形成する。WF6は、次の反応により露出シリコンにより還元される。



(式1)

元することができないことから、タングステン膜は、S1O2膜4上にはほとんど形成されない。

【0049】 本実施例に於て、第5ステップは、CVDチャンバ内に導入されるH2、Ar及びWF6の流れを制御するために図6に示されたプロセスガスバルブ41及び48を制御することにより実施される。表1は、耐火金属膜を選択的に被覆するために、本実施例に於て用いられる種々のステップのためのプロセスパラメータを示す。第5ステップは、表1に於けるパラメータ設定値Aに対応する。

【0050】

[表1]

パラメータ	時間 (秒)	温度 (°C)	圧力 (mtorr)	裏側圧力 (torr)	18			
					SiH ₄ (ccca)	WF ₆ (ccca)	H ₂ (ccca)	Ar (ccca)
A	7	Am (±20°C)	80	0.5	0	4.0	150	5
B	5	Am (±20°C)	80	0.5	2.5	4.0	150	5
C	45	260	80	0.5	2.5	4.0	150	5
(Am→260)								
D	10	260	80	0.5	2.5	4.0	150	5
E	10	260	80	0.5	2.5	4.0	150	5
F	10	260	80	0.5	2.0	4.0	150	5
G	10	260	80	0.5	2.2	4.0	150	5
H	10	260	80	0.5	2.4	4.0	150	5
I	5	Am	BASE	0	0	0	0	0
(250→Am) (±10 mtorr)								
J	45	Am	260	1.0	0	0	300	50
K	5	Am	BASE	0	0	0	0	0
L	20	700	80	0.5	0	0	150	5
(Am→100)								

Am: 周囲温度

【0051】表1から理解できるように、このステップは、約7秒間、4.0 sccm (標準状態に於ける1分当りの立方センチメートルにより表される流量) 及び80 mtorr のCVDチャンバ圧力下にて実施される。CVDチャンバ内に於て適正な流速及び圧力を保持するために、バルブ27を開くことにより、H₂をチャンバ内に向けて150 sccmの流量をもって注入する。H₂は、このような低温に於ては還元性ガスとして機能せず、従って不活性ガスとして機能する。また、バルブ41を開くことにより少量のArガスも5 sccmの流量をもってチャンバ内に吸入される。Arガスは、ガスライン54に於けるWF₆の流れを促進するためのキャリアガスとして用いられる。

【0052】図8は、本実施例に於て用いられた改造されたVarianモデル510ICVDシステム (商品名) のチャンバ部分を示す断面図である。Varianモデル510ICVDシステムについては、米国特許第4,796,562号明細書を参照されたい。

【0053】図8に於て、ウェハ1は、ウェハクランプアセンブリ100により、石英チャック102に固定されており、その前面が反応チャンバ104に対向している。WF₆などの腐蝕金属系ガスは、外側ガス注入リング108を介してチャンバ104内に注入され、リング108は、その壁の一部をなす拡散手段を介してガスを流出させることができる。本実施例に於ては、新規な拡散手段が用いられており、その詳しい内容については図23及び図24について後に詳しく説明する。ガス

は、図6に示されたガスライン54に接続された図示されない入口ポートを介してリング108に向けて導入される。

【0054】図6に示されるように、Arガスもガスライン54を介して流れる。不活性ガス注入リング110は、リング108と同様のものからなり、図6に示されたガスライン52に接続され、SiH₄などの還元性ガス及びH₂をチャンバ104内に注入する。ガスデフレクタ105は、ガスが反応チャンバ104内に導入される前に、ガス混合チャンバ106に向けて注入されるガスを混合する働きをする。

【0055】図3に示されたCVDチャンバの他の特徴については特定のプロセスステップに関連して説明する。また、図8に示されたCVDチャンバの詳細な内容については、米国特許第4,796,562号明細書を参照されたい。表1に於けるパラメータ設定状態Aに対応する本実施例に於て、裏側チャンバ114が、図示されない入力ポートから、裏側チャンバ114に向けてArガスが注入されることにより、0.5 torrの圧力を有するようにされている。図示されない圧力トランスジューサが、裏側チャンバ114内に設けられ、裏側チャンバ114の圧力を計測する。反応チャンバ104内のプロセスガスが裏側チャンバ114内に侵入し、シリコンウェハ1の裏面と共に核生成を行わない限り、裏側チャンバの比較的高い圧力の正確な値は問題とならない。しかしながら、ウェハの両縁部に於て所望の選択性が失われることを回避するために、裏側チャンバの圧力は、

約1.0 Torrを解してはならない。表1に於けるパラメータ設定状態Aによれば、反応チャンバの圧力が80 mTorrに保持される。

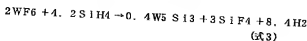
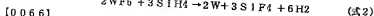
【0056】反応チャンバ104内のガスは、ウェハウランブアセンブリ100に設けられた開口を介して、大きな流量を取り扱い得る真空ポート116から吸い出され、チャンバ104内の副産物の滞留時間が10ミリ秒以下となるようにしており、チャンバ104内のガスを吸い出す速度は、プロセスガスが所望の流量をもって流れ、所望の反応チャンバ圧力を維持するように定められる。

【0057】A(6)、低温下に於ける光学的に不透明な耐火金属膜のN及びP型領域上への形成。

第6ステップに於ては、シリコン上への耐火金属の被着速度が、極めて低いレベルに保持されるように、WF6などの耐火金属系ガスを反応チャンバ内に導入しつつ、ウェハの温度を、直接的な放射源により室温以上の温度に徐々に加熱する。

【0058】ウェハの温度は、徐々に上昇するが、その温度が約100°C以下である時には、耐火金属系ガスが、図3に於けるN型領域及びP型領域3の表面の露出シリコンにより還元され、また第5ステップにより被着された耐火金属の表面を介して拡散したシリコンにより還元される。耐火金属膜120の表面に概ね一定の割合で被着されるが、これはN型及びP型シリコンが100°C以下である場合には、概ね等しい放射率を有することによるものである。

【0059】図9に示されるように、N型及びP型シリコンの放射率が約100°Cを境にして異なる値を取るようになることから、温度上昇は、基層温度が約100°Cに到達する前に、少なくとも光学的に透明な耐火金属膜120、90(100〜500オングストローム)を、N型及びP型シリコン領域2及び3の両者に被着しておくのに十分であるようなゆっくりした速度をもって行われなければならない。この間は、CVDチャンバに於て用いられる放射加熱源により出力される周波数に対して不透明であれば良い。不透明な耐火金属膜が形成されると、N型及びP型シリコン領域2及び3の放射率が概ね被着された耐火金属の放射率に等しくなり、より高い温度に於てもN型及びP型領域に於ても概ね等しい被着速度をもって耐火金属膜の形成が可能となる。図3は、不透明な耐火金属膜120がN型領域及びP型領域3に対して形成されると同時に、放射122がウェハ1の基層の表面124に対して与えられている状態を示している。WF6を耐火金属系のガスとして用いることにより、タングステンからなる不透明な膜が式1に示され



た発熱還元反応に従って、このステップに於て生成される。

【0060】チャンバ内に還元性ガスが導入されない場合には、露出シリコン領域上の不透明なタングステン膜を被着する際に、シリコン基層の数層分子の厚さの膜が還元反応により消費される。また、このような低い温度に於ては、二酸化シリコン絶縁膜4により耐火金属系ガスが殆ど還元されないことから、二酸化シリコン膜4の上には、耐火金属が殆ど被着されない。

【0061】本実施例に於ては、表1に於てパラメータ設定状態B及びCとして示される第6ステップが、WF6が4 sccmの流量をもってチャンバ104内に吸入されると同時に、図8に示されるように、徐々に増大する電力を石英ハロゲンランプ126に供給することにより実行される。表1に於けるパラメータ設定状態B及びCとして示されるように、ランプ125は、5秒間消灯され、それに引続く4.5秒間に亘って265°Cに達するまで、増大する電力の供給を受ける。チャンバ圧力及び基層チャンバ圧力と同様に、H2及びArの流量は第5ステップと同様である。

【0062】図8に示されたパイロメータ即ち高温計が、ウェハの平均温度を計るために用いられ、温度制御のためのフィードバック信号を供給する。

【0063】表1に示された好適実施例に於ては、反応チャンバ104内に還元性ガスを導入しなくても、不透明な膜120、90を形成し得るにも拘らず、シランと呼ばれる4水素化シリコン(SiH4)還元性ガスが、耐火金属の被着速度を増大させ、還元反応により消費されるシリコンの表面がごく僅かであるようにするために、WF6を還元するべく、2.6 sccmの流量をもって、チャンバ104内に導入される。

【0064】A(7)、被着温度に於ける還元性ガスの徐々に増大する速度による制御。

第7ステップに於ては、被着速度が、シリコンウェハ上の選択された領域上にタングステンの他の耐火金属が所望の厚さに被着される必要な時間に亘って、230〜425°Cに保持される。この間に、耐火金属系のガスが、還元性ガスと共に、チャンバ内に導入され、耐火金属系ガスを還元する。この時、基層のシリコンは、被着された金属膜内を拡散して耐火金属系ガスを還元することができる。好適実施例に於ては、耐火金属系ガスがWF6からなり、還元性ガスがSiH4からなり、チャンバ内のSiH4の相対的な量に応じて次のような発熱反応を引起す。

【0065】

【0067】式2及び式3に示された還元反応は、次のようにして行われる。WF6は、第7ステップに於て被着された不透明なタングステン皮膜をフッ化する。S1H4は、直ちにフッ化液面と反応し、シリコンを被着すると共に、揮発性のフッ化シリコン(SiF4)を形成する。被着されたシリコン膜は、該シリコン膜に向けて相当するWF6ガスの分子と反応し、式1に示される還元反応を行う。このようにして、式2及び式3により示される反応は、WF6とS1H4との間の還元反応と、タングステン及びシリコンの被着サイクルに亘って行われるタングステン皮膜の成長とからなる一連の副反応の集合として行われる。WF6成いはS1H4は、このような低い被着速度に於ては、絶縁性の二酸化シリコン膜に対しては、タングステンが殆ど被着されない。従ってタングステンの選択的な被着が実現する。

【0068】式2及び式3により示される還元反応から理解されるように、還元反応に關するS1H4の量がWF6の量の1.5倍を越えれば、シリコン原子もタングステンと共に被着されるようになる。これは、その後に耐火金属シリコン基層との接合部をシリサイド化するためウェハを焼成する時に、シリコン系の還元性ガスを用いる点に於て好ましい。この焼成ステップは、被着層全体をシリサイド化しかつ高密度化する事から、CVDチャンバ内に導入されるWF6及びS1H4の量は、WSixの膜を被着するように設定されるのが好ましい。但し、xはプロセスパラメータに依存する。図10は、S1H4対WF6の比を種々変化した場合の、320〜380°Cの被着速度下に於ける被着層のS1対Wの比の変化を表すグラフである。

【0069】第7ステップに於て重要なことは、CVDチャンバに供給されるS1H4還元ガスの量が、接触領域の温度上昇に伴い増大する点である。WF6の、他の耐火金属系ガスであるS1H4との還元反応は、発熱反応であることから、被着されるタングステンの量が増大するに伴い、被着されたタングステンの温度が上昇する。接触領域の温度が上昇するに伴い、S1H4の供給量を徐々に増大させると、反応が行われる温度の上昇と同時に、耐火金属の被着速度が増大する。この時、柱状の粒の構造を維持するために、接触領域の温度が成るレベルに達する前に適大な量のS1H4を反応に供給しないように注意しなければならない。さもなければ、形成されるバリア膜の粒子構造が好ましくない非等方性の裏面をもって急成長してしまう。

【0070】このように、S1H4の、反応チャンバへの供給量を徐々に増大させることにより、好ましくない現象を引き起こさなく耐火金属の被着速度を増大させる

ことができる。しかるに、従来の技術によれば、接触領域の温度上昇に伴ない、S1H4の供給量を徐々に増大させることにより、柱状の粒子構造を維持し得ることが認識されていなかった。

【0071】第7ステップにより得られる構造が図4に示されている。本実施例に於ては、被着されたバリア膜132が、5〜20原子%のシリコン(即ち1〜4重量%のシリコン)を含むように形成される。上記したプロセスにより、膜132は、約12原子%のシリコンを含むが、S1基層の還元を回避するためには、シリコンの量が5原子%を越えれば良い。

【0072】図8に示されたCVDチャンバに於て、図6に示されたガス供給ネットワークを用い、更に、表1に示されたパラメータ設定状態C〜Hを用いることにより、第7ステップが、ウェハの測定温度が260°Cとなるように、石英ハロゲンランプ126への電力の供給量を45秒に亘って徐々に増大させるように実行される。電力の供給量を徐々に増大させる間に、S1H4の流量をもつてチャンバ104内に注入される、残りのガス流量及び圧力は、表1のプロセスパラメータ設定状態Bに於て用いられたものと同様である。

【0073】260°Cの測定温度が得られると、この温度が10秒間維持され(表1に於けるプロセスパラメータ設定状態D)、ガスの流量が一定に保たれる。この時間が経過した後(表1に於けるプロセスパラメータ設定状態E)、S1H4の流量を2.6 sccmから2.8 sccmに増大させ、還元性反応が発熱反応であることから、被着バリア膜の温度上昇が260°Cを越え、耐火金属の被着速度を増大させる。

【0074】実用上、S1H4の流量の増大は、ウェハ上の露出シリコン面の面積に依存する。上記したプロセスに於ては、ウェハの表面の3%以下が露出シリコン面であると仮定されている。それ以上のシリコン面が露出している場合には、S1H4をそれだけ急速に増大させるのが好ましい。

【0075】このように、それぞれ10秒間に亘って、設定状態F、G及びHを行い、特にS1H4の供給量を、最終的に3.4 sccmに達するまで0.2 sccmずつ増大させる。

【0076】A(8)、チャンバからのプロセスガスの除去及び焼成。

第8ステップに於て、ウェハが冷却され、プロセスガスがチャンバから除去され、耐火金属とシリコン基層との境界をシリサイド化し、接触領域の抵抗を低下させるために急激な焼成ステップが行われる。またこのステップの間に、バリア膜内のシリコン原子が被着された耐火金属と反応しシリサイドを形成する。還元性ガスがシリコン系であることから、被着耐火金属は既にシリコンを含んでおり、従ってこのステップに際して、シリコン基

21

【0067】式2及び式3に示される還元反応は、次のようにして行われる。WF6は、第6ステップに於て被着された不透明なタングステン皮膜をフッ化する。SiH4は、直ちにフッ化表面と反応し、シリコンを被着すると共に、揮発性のフッ化シリコン(SiF4)を形成する。被着されたシリコン膜は、該シリコン膜に向けて相当するWF6ガスの分子と反応し、式1に示される還元反応を行う。このようにして、式2及び式3により示される反応は、WF6とSiH4との間の還元反応と、タングステン及びシリコンの被着サイクルに亘って行われるタングステン皮膜の成長とからなる一連の副反応の集合として行われる。WF6またはSiH4は、このような低い被着温度に於ては、絶縁性の二酸化シリコン膜4に殆ど付着しないことから、絶縁性の二酸化シリコン膜に対しては、タングステンが殆ど被着されない。従ってタングステンの選択的な被着が実現する。

【0068】式2及び式3により示される還元反応から理解されるように、還元反応に関与するSiH4の量がWF6の量の1.5倍を越えると、シリコン原子もタングステンと共に被着されるようになる。これは、その後に耐火金属とシリコン基層との接合部をシリサイド化するべくウェハを焼結する時に、シリコン系の還元性ガスを用いることにより、シリコン基層が何ら消費されないこととなる点に於て好ましい。この焼結ステップは、被着層全体をもシリサイド化かつ高密化する事から、バリア膜の抵抗を低くする働きをも有する。従って、CVDチャンバ内に導入されるWF6及びSiH4の量は、WSi_xの膜を被着するように設定されるのが好ましい。但し、xはプロセスパラメータに依存する。図10は、SiH4対WF6の比を種々変化した場合の、320〜380°Cの被着温度下に於ける被着層のSi対Wの比の変化を改むグラフである。

【0069】第7ステップに於て重要なことは、CVDチャンバに供給されるSiH4還元ガスの量が、接触領域の温度上昇に伴い増大する点である。WF6の、他の耐火金属系ガスであるSiH4との還元反応は、発熱反応であることから、被着されるタングステンの量が増大するに伴い、被着されるタングステンの温度が上昇する。接触領域の温度が上昇するに伴い、SiH4の供給量を徐々に増大させると、反応が行われる温度の上昇により、バリア膜の好ましい柱状の粒子構造が維持されると同時に、耐火金属の被着速度が増大する。この時、柱状の粒子の構造を維持するために、接触領域の温度が成るレベルに達する前に過大な量のSiH4を反応に供給しないように注意しなければならない。さもないと、形成されるバリア膜の粒子構造が好ましくない非等方的な被覆をもって成長してしまう。

【0070】このように、SiH4の、反応チャンバへの供給量を徐々に増大させることにより、好ましくない現象を引き起こさなく耐火金属の被着速度を増大させる

ことができる。しかるに、従来の技術によれば、接触領域の温度上昇に伴ない、SiH4の供給量を徐々に増大させることにより、柱状の粒子構造を維持し得ることが認識されていなかった。

【0071】第7ステップにより得られる構造が図4に示されている。本実施例に於ては、被着されたバリア膜132が、5〜20原子%のシリコン（即ち1〜4重量%のシリコン）を含むように形成される。上記したプロセスにより、膜132は、約12原子%のシリコンを含むが、Si基層の還元を回避するためには、シリコンの量が5原子%を越えれば良い。

【0072】図8に示されたCVDチャンバに於て、図6に示されたガス供給ネットワークを用い、更に、表1に示されたパラメータ設定状態C〜Hを用いることにより、第7ステップが、ウェハの測定温度が260°Cとなるように、石英ハロゲンランプ126への電力の供給量を4.5秒に亘って徐々に増大させるように実行される。電力の供給量を徐々に増大させる間に、SiH4が、バルブ24を制御することにより、2.6 sccmの流量をもってチャンバ104内に注入される。残りのガスの流量及び圧力は、表1のプロセスパラメータ設定状態Bに於て用いられたものと同等である。

【0073】260°Cの測定温度が得られると、この温度が10秒間維持され（表1に於けるプロセスパラメータ設定状態D）、ガスの流量が一変に保たれる。この時間が経過した後（表1に於けるプロセスパラメータ設定状態E）、SiH4の流量を2.6 sccmから2.8 sccmに増大させ、還元性反応が発熱反応であることから、被着バリア膜の温度上昇が260°Cを越え、耐火金属の被着速度を増大させる。

【0074】実用上、SiH4の流量の増大は、ウェハ上の露出シリコン面の面積に依存する。上記したプロセスに於ては、ウェハの表面の3%以下が露出シリコン面であると仮定されている。それ以上のシリコン面が露出している場合には、SiH4をそれだけ急遽に増大させるのが好ましい。

【0075】このように、それぞれ10秒間に亘って、設定状態F、G及びHを行い、特にSiH4の供給量を、最終的に3.4 sccmに達するまで0.2 sccmずつ増大させる。

【0076】A(6)、チャンバからのプロセスガスの除去及び焼入れ。

第8ステップに於て、ウェハが冷却され、プロセスガスがチャンバから除去され、耐火金属とシリコン基層との境界をシリサイド化し、接触領域の抵抗を低下させるために急激な焼入れステップが行われる。またこのステップの間に、バリア膜内のシリコン原子が被着された耐火金属と反応しシリサイドを形成する。還元性ガスがシリコン系であることから、被着耐火金属は既にシリコンを含んでおり、従ってこのステップに際して、シリコン基

23

層はそれ程消費されない。本実施例に於ては、この焼戻しステップが、10〜30秒に亘って約650〜900°Cの温度に於て行われる。

【0077】表1に於けるパラメータ設定状態I〜Kは、焼戻しに先立って行われる好適な冷却及びバースステップを示しており、パラメータ設定状態Iに於てはランプ126が消灯され、プロセスガスS1H4、H2、Ar、WF6のチャンパ内への注入が、図6に示されたバルブを開閉することにより実行され、反応チャンパ104及び副側チャンパ114に於ける圧力が18mtorr以下に低下される。

【0078】パラメータ設定状態Jに於て、H2が300sccmの流量をもって反応チャンパ104に導入され、Arは50sccmの流量をもってチャンパ104に導入され、ウェハの冷却が促進されると共に、ライン52及び54及び反応チャンパ104から、残留するS1H4及びWF6をバースする。反応チャンパ104に於ける圧力は、80mtorrに保持され副側チャンパ114の圧力は、1.0torrに保持される。パラメータ設定状態Jは約4.5秒間維持され、その後ウェハは十分冷却し、ライン及び反応チャンパが十分にバースされる。

【0079】パラメータ設定状態Kに於ては、ガスが、反応チャンパ104及び副側チャンパ114に於ける圧力が5秒間に亘って18mtorr以下に低下されるまで抜き出される。

【0080】焼戻し過程は、プロセスパラメータ設定状態Lの時に行われ、ランプ126は、5秒間に亘って、ウェハを約700°Cに加熱するように徐々に増大する電力の供給を受ける。この間にH2が150sccmの流量をもって反応チャンパ104に供給され、Arが5sccmの流量をもって反応チャンパ104に供給される。反応チャンパ104に於ける圧力は、80mtorrに保持され、副側チャンパ114の圧力が0.5torrに保持される。この焼戻しステップの間に、被着されたバリア膜の密度が概率約10%収縮する。この収

$$\tau = \frac{V}{S} = \frac{pV}{Q}$$

【0086】但し、 τ =滞留時間(秒)

V=CVDチャンパの容積(リットル)

S=ポンプにより除去されるガスの流量(リットル/秒)

P=チャンパの圧力(torr)

Q=チャンパに導入されるガスの流量(torr・リットル/秒)

【0087】好適実施例に於て、CVDチャンパからポンプに至るマニフォールドは、50torr・リットル/秒以上のコンダクタンスを有している。120mtorrのチャンパ圧力及び49リットルのチャンパ容積を

34

*縮は、バリア膜132内のシリコンとタンガスとが結合することによるものである。この収縮の度合は、焼戻し温度及びバリア膜131内のS1の濃度に依存する。

【0081】このようにして第5〜8のステップにより(表1に於けるパラメータ設定状態A〜L)形成されたバリア膜132は、約6、500オングストロームの厚さを有するようになる。

【0082】A(9)、ウェハの冷却及びウェハのCVDチャンパからの除去。

第9ステップに於て、焼戻し過程に続いて、また、ウェハをCVDチャンパから取出す前に、基盤の温度が100°C以下に冷却される。この冷却ステップは、ランプ126を消灯し、ウェハが少なくとも4.5秒間に亘って周囲温度にまで冷却することにより実行される。冷却を促進するために反応チャンパの圧力を80mtorrに保持し、副側チャンパの圧力を1.0torrに維持しつつ、約4.5秒間に亘ってH2及びArをそれぞれ300sccm及び50sccmの流量をもって反応チャンパ104に注入することができ、それに引続き、H2及びArガスを遮断し、ウェハを反応チャンパから取出す。

【0083】A(10)、導電性金属膜の形成。

バリア膜が形成された後、アルミニウム被着過程、その他の金属の被着過程或いは多結晶シリコンの被着過程が、従来の方法により行われ、被着されたバリア膜上に、導電性のインタコネクタ膜を形成する。好適実施例に於ては、インタコネクタ膜としてアルミニウムが、スパッタ被着プロセスにより被着される。このようにして得られた構造が図6に示されており、導電性のアルミニウム膜136がバリア膜132上に被着されている。

【0084】A(11)、その他の特徴。

耐火金属の被着過程に於ける第4〜第7ステップに於て最適な結果を得るためには、フッ化シリコンなどの反応副産物の滞留時間を1.0ミリ秒以下にしなければならぬ。滞留時間は、次の式により計算される。

【0085】

(式4)

40 用いた場合、プロセスチャンパ内のガスの滞留時間は約9.8×10⁻³秒となる。更に、CVDチャンパ内に導入されるプロセスガスは少なくとも9.999%の純度を有しており、重要なガスの流量は、十分な再現性を得るために、ウェハごとに設定された流量の設定値に対して±0.2sccmの範囲内に制御されなければならない。更に、WF6或いは耐火金属系のガスを貯留する液体ガス容器は、ガスライン中に於けるガスの凝結を防止するため、好ましくは室温よりも5度低い温度に冷却される。

50 【0086】バリア膜をシリコンの領域上に形成するた

めの上記した方法は、好適実施例に於いて言及されたプロセスガス以外のガスを用いて実施することもできる。例えば、モリブデン、パラジウム、白金或いはタンタルなどの耐火金属を含む耐火金属系ガスを用いることもでき、また好適実施例に於いて言及された以外の還元性ガスを用いることもできる。云々までもなく好適実施例のプロセスに於いて用いられたガスの流量、温度、プロセス時間、圧力及び装置の能力などは、所望の特性を有するバリア膜を形成する上で、必要に応じて変更される。

【0089】タングステンシリサイドの上記以外の特性 10 或いはシリサイド膜を形成するための種々の他のプロセスに関する情報は、次のような文献に記載されている。(1) VSL Process Technologies, ICVC '89 (1989年10月17日発行)、(2) Robert S. Blewer氏による "Chemical Vapor Deposition of Interconnect Metals (Emphasizing Tungsten)" と題する講演資料 (1988年1月25日発行)。

【0090】B. プランケット被着プロセス。 20 プランケット被着プロセスに於いては、耐火金属が、露出シリコン領域ばかりでなく絶縁性の二酸化シリコン膜の表面にも被着される。通常、プランケット被着を行った後、酸化膜上に形成された耐火金属膜は、耐火金属が、該耐火金属膜により電気的に接触されるべきシリコン領域にのみ残るようにプランケットエッチングにより完全に除去される。続いて、通常、金属皮膜がウエハの表面に形成され、被着された耐火金属に対して、その下層に位置するシリコン領域に電気的な接触を行うべく接触する。

【0091】プランケットプロセスの他の用途としては、MOSデバイスのためのゲートを形成するために、ゲート酸化膜上に耐火金属を被着し、耐火金属膜を選択的にエッチングするものがある。

【0092】パターン化されたウエハの表面に耐火金属をプランケット被着する好適なプロセスに於いては、シリコンウエハの表面を清浄化し、シリコンの結晶格子構造に対する損傷を除去し、種々のガスラインをバリアする予備的な第1〜4ステップが、前記した第1〜4ステップと同様にして行われる。第1〜4ステップが実行され、ウエハが図8に示されたようなCVDチャンバに置かれた後に、プランケット被着プロセスの好適実施例の第5ステップに於いて、ウエハが約500°Cの被着温度に加熱され、約2秒間にしてS i H₄がチャンバ内に導入され、露出シリコン及びS i O₂と共に被着を行う。これにより、その後にチャンバ内にWF₆が導入された時にWF₆を還元し得るように、S i O₂の表面に何層かのS i H₄の単原子膜を形成する。

【0093】図12は、CVDチャンバ104内にS i H₄を注入する間に、ウエハ1を、図8に示されたラン

プ126からの放射熱150により加熱することにより、ウエハ1の表面上に、薄いS i H₄の膜152が被着されるようにするステップを示している。

【0094】種々の圧力及びプロセスガスS i H₄及びH₂の流量は、表1に於けるパラメータ設定状態により示されるものと同等である。この時、WF₆或いはArを注入しない。

【0095】第6ステップに於いては、前記した選択的な被着過程として行われる第7ステップと同様な被着過程が行われ、WF₆がS i H₄と共に、CVDチャンバ内に注入される。このステップは、WSixからなるバリア膜が、シリコン及び酸化物の両者の表面上に所望の厚さをもって形成されるまで続けられる。但し、xは、被着プロセスに対して用いられるS i H₄に対するWF₆の比に依存する。柱状の粒子構造を得るために、WF₆に対するS i H₄の比を1以下としている。このステップが、図13に示されており、被着層158がウエハ1の表面全体に形成される。

【0096】好適実施例に於いては、この被着ステップが表1のパラメータ設定状態D〜Hを用いて行われ、発熱性の還元反応が、被着されたバリア膜158の表面に於ける温度を上昇させるに伴い、還元性ガスS i H₄の量が時間と共に徐々に増加される。しかしながら、このステップに於いては、被着温度が約500°Cに維持される。

【0097】形成されたバリア膜が接触領域を覆うに伴い、発熱性の還元反応により発生した熱が、それだけ早期に除去されるようになるために、バリア膜の温度上昇が停止するまで、この増進するガスの供給が続けられる。

【0098】バリア膜158が被着された後、第7ステップに於いて、前記した第7ステップと同様に、表1に於けるパラメータ設定状態I〜Kを用いることにより、ガスライン及びCVDチャンバがバージされ、ウエハが冷却される。

【0099】表1に於けるパラメータ設定状態Iと同様な設定状態に於いて、650°C〜900°Cの範囲の温度下にて約10〜30秒間の照照したステップが行われる。

【0100】このようにして得られたバリア膜158が、良く知られたプランケットプラズマエッチング方法或いは、その他のエッチング方法を用いてエッチングされ、図14に示されるようにバリア膜158が接触領域に於いてのみ残るようにする。或る用途に於いて、このバリア膜158をインターコネクティブ膜としても用いることができ、従ってプランケットエッチングが行われない。

【0101】図15に示されるような金属皮膜或いはその他の導電性の皮膜160が被着され、かつエッチングされ、導電性皮膜160が被着されたバリア膜158及

27

び領域2及び3とオミミック接触を形成する。

[0102] 被着されたバリア膜の品質を改善するための他の特徴的な点は、耐火金属シリサイド膜を選択的に形成するための前記したプロセスについて言及されたものと同様である。

[0103] C. 多結晶シリコン膜上にピア膜を形成するための被着プロセス。

選択的な被着プロセスの第1〜9ステップ或いはプランケット被着プロセスの第1〜7ステップは、多結晶シリコン膜と金属皮膜との間或いは2つの金属皮膜間にピア膜 (v1a) を形成するために用いることができる。

[0104] 本発明に基づく方法により形成されたピア膜を形成されたピア膜を有するウェハの例が図16に示されている。図16に於てウェハ1は、N型領域2及びP型領域3を有する。両領域2及び3に対する接触を達成するために、従来から知られた方法により、多結晶シリコン膜170が形成される。酸化膜4は、多結晶シリコン膜170をシリコンウェハ1から絶縁する。絶縁膜172は、耐火金属ピア膜174を被着させるべき、多結晶シリコン膜170の接触領域を露出させるために、多結晶シリコン170上に形成される。図15に於て、耐火金属ピア膜174は、WSixを含み、ここで、xは被着プロセスに於て用いられるWF6に対する還元性ガスSiH4の比に依存する。AlSiをなを含む金属皮膜178が、ピア膜174に接触し、金属皮膜178と多結晶シリコン膜170との間の電気的結合を提供するように、絶縁膜172上に形成される。

[0105] ピア膜を形成するべく、多結晶シリコン膜上に耐火金属を被着する時に、第1及び第2ステップについて前記したのと同様の要領をもってウェハが精錬され、第4ステップについて前記したと同様の要領をもってガスにライン及びCVDチャンバをバージする。基層の結晶格子構造の損傷を除去するための前記した第3ステップは、言うまでもなく省略される。

[0106] ピア膜を形成する選択的な被着プロセスに於て、多結晶シリコン膜に於けるN及びP領域が異なる族率を有することは問題とならないが、ピア膜と多結晶シリコンとの間に適切な接合を達成し、所望の選択性を得るために、SiH4をCVDチャンバ内に導入する前に、多結晶シリコン上に薄層耐火金属膜を被着するべく第6ステップを行うのが好ましい。この時、多結晶シリコンの薄層膜が消費される。

[0107] 選択的な被着プロセスのためのその他の被着及び焼戻ステップは、基層上の領域と金属皮膜との間に導電性のバリア膜を形成することについて前記したのと同様の要領をもって行われる。言うまでもなく、プロセス時間及びガスの流量及び温度は、被着されるべき耐火金属の所望の特性に応じて変更されるものであって良い。プランケット被着のためには、まずSiH4が、約500°Cの温度下で於て約2秒間に亘ってチャンバ内

28

に導入され、ウェハの表面に薄層SiH4膜を形成する。この方法は、図12について前記したのと同様である。WF6は、SiH4と共に、図13について前記したのと同様にバリア膜を形成するべく導入される。図13及び図14について前記したのと同様の要領をもって、被着された皮膜がエッチングされ、金属化プロセスが実行される。

[0108] D. 金属皮膜上にピア膜を形成するための被着プロセス。

2つのアルミニウム皮膜或いは2つの金属皮膜間にピア膜を形成するためには、アルミニウム原子がウェハの酸化膜表面と反応するのを防止するためのシリコン原子を含むアルミニウム皮膜を形成するのが好ましい。

[0109] ピア膜を形成する目的で、アルミニウム皮膜上に耐火金属膜を選択的に被着するためには、従来の方法を用いてパターン化された酸化膜201或いはその他の絶縁膜をアルミニウム皮膜上に形成し、接触領域を露出させる。初期の構造が図17に示されている。図17に於ては、P或いはN型領域2を有するウェハ1が形成され、これらの領域は、上記した方法により耐火金属ピア膜200と接触している。バリア膜200上には、アルミニウム202が形成され、更にその表面にはパターン化された酸化膜204が形成されている。

[0110] 更に、次のようなプロセスが実施される。

D (1). ウェハ表面の精錬。

ステップ1に於て、アルミニウム皮膜202上にバリア膜を選択的に被着するために、従来形式のRFスパッタエッチングプロセスを用いて露出アルミニウムを精錬化する。

[0111] 好適な実施例に於ては、-600ボルト以下のバイアス電圧及びAイオンを用いてスパッタエッチングを行った。このエッチングステップを行うための好適な装置に於ては、図21に示されるように、スパッタエッチングステーションに接続されるべく改造されたVarianモデル5101 (商品名) CVDシステムが用いられた。このVarian 5101 CVDチャンバは、図8について前記しており、また、米国特許第4,799,562号明細書に記載されている。

[0112] 図21に於て、チャンバ210は、ウェハ搬送システム214を介してスパッタエッチングチャンバ212に接続されている。図示されていないロードロックが、ウェハ搬送システム214とチャンバ210及び212間に設けられており、ウェハ搬送システム214が用いられていない間、チャンバ210の圧力は、チャンバ202の圧力の影響を受けない。CVDチャンバ215及びスパッタエッチングチャンバ212は、図6について前記したガスボックス219からのガスをライン216及び218に接続されている。

[0113] スパッタエッチングチャンバ212にガスライン218を介して供給されたArガスは、ガスボッ

29

クス219内に位置しかつ図6に示されたネットワークに隣接する図22に示されるバルブ構造を用いて制御される。図22に於てクリプトンガス源がKrガスライン252に接続されている。このKr源及び関連するバルブは、本実施例に於けるスパッタエッチングプロセスに於ては用いられていない。

[0114] 自動化された制御システム221が、適切な信号をワイヤ260、262及び264に供給することにより、CVDチャンパ210、スパッタエッチングチャンパ212、ウェハ搬送システム214及びガスボックス219の種々の機能を制御する好適実施例に於ては、図17に示されるように、ウェハが、カセットトレイ内に配置され、カセットトレイは、ウェハ搬送システム214内のカセットチャンパ内に配置される。ウェハ搬送システム214は、米国特許第4,796,562号に記載されたものと同様である。

[0115] ウェハ搬送システム214は、ウェハをカセットトレイから極めて低い圧力、例えば 1×10^{-4} torrに維持されたスパッタエッチングチャンパ212に向けてウェハを移動するためにマニピュレータアームを用いている。Arガスを充填されたスパッタエッチングチャンパ212は、アルミニウム皮膜202の表面から酸化物を除去するように、アルミニウム202上への耐火金属の選択的な析出に対して影響を及ぼすような汚染物をウェハの表面から除去するように、ウェハの表面を精浄化すべく作動する。このステップは、その後のステップに於て、WF₆及びSiH₄プロセスガスがSiO₂の表面と共に核を生成するのを防止するために、SiO₂の表面を精浄化する働きも備えている。

30

[0116] 好適実施例に於ては、-580ボルトのバイアス電圧及び400ワットのRFパワーを用いたスパッタエッチングを、48,5scmの流量をもってArガスを透過させ、室温下、14mtorrの圧力下に於て、約60秒間行われる。このエッチングステップの終了後、ウェハ搬送システム214及びスパッタエッチングチャンパ212の圧力が 1×10^{-4} torrに減少される。スパッタエッチングチャンパ212とウェハ搬送システム214との間のロードロックを開き、マニピュレータアームを用いて、ウェハをスパッタエッチングチャンパ212から取出す。

[0117] ウェハ搬送システム214とスパッタエッチングチャンパ212との間のロードロックが開じられ、ウェハ搬送システム214とCVDチャンパ210との間のロードロックが開かれ、マニピュレータアームにより、ウェハを再搬することなく、エッチングされたウェハをCVDチャンパ210内に配座する。ウェハがCVDチャンパ210に搬送され、ウェハクランプアセンブリ100により石英チャック102上にクランプされると(図8及び米国特許第4,796,562号明細書参照)、ウェハ搬送システム214がCVDチャンパ210から還搬され、以下に示すような接着プロセスが実行される。

[0118] ステップ1に於て、ウェハを精浄化した後に、2つのアルミニウム皮膜に接触するビア膜を形成するためプロセスの好適実施例が以下の表2に示されている。

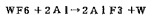
[0119]

[表2]

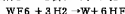
31 パラメータ	時間 (秒)	温度 (°C)	圧力 (mtorr)	真空圧力 (torr)	S i H ₄ (sccm)	W F ₆ (sccm)	H ₂ (sccm)	32 A r (sccm)
A	7	Am (≦50°C)	50	0.5	0	4.0	150	5
B	120	450	50	0.5	0	4.0	150	5
C	45	Am	800	1.0	0	4.0	300	50
		(450→Am)						
D	5	Am	BASE	0	0	0	0	0
		(≦18 mtorr)						
E	7	Am	70	0.5	0	4.0	150	5
F	5	Am	70	0.5	2.5	4.0	150	5
G	45	500	70	0.5	2.5	4.0	150	5
		(Am→500)						
H	10	500	70	0.5	2.5	4.0	150	5
I	10	500	70	0.5	2.5	4.0	150	5
J	10	500	70	0.5	3.0	4.0	150	5
K	10	500	70	0.5	3.2	4.0	150	5
L	10	500	70	0.5	3.4	4.0	150	5
M	5	Am	BASE	0	0	0	0	0
		(540→Am)						
N	45	Am	800	1.0	0	0	300	50
		(500→Am)						
O	5	Am	BASE	0	0	0	0	0

Am: 真鍮温度

【0120】ウェハがスパッタエッチングされた後、第2ステップの底和ステップが実行され、耐火金属系ガスが30°C以下の室温下に於て、3時間に亘ってCVDチャンバ内に注入される。好適実施例に於ては、表2に於けるパラメータ設定状態Aを用いて、第2ステップが、2秒間に亘って、4.0 sccmのWF₆、1.50 sccmのH₂及び5 sccmのArを用いて実施される。図8に示されるようなCVDチャンバに於て、このステップの間、反応チャンバ104が50 mtorrの圧力を有し、裏側チャンバ114が0.5 torrの圧力を有するようにされる。このステップは、その後形成されるピア膜と金属皮膜との間の接着力を改善するために行われる。



【0123】450°Cの被着温度に於ては、アルミニウム皮膜上のバターン化された酸化膜は、WF₆と接触する際に還元反応を引起さない。耐火金属の最初の膜がアルミニウム上に形成されると以下の式6に従い、H₂が



【0125】表2のパラメータ設定状態Cにより示されるように、ウェハの温度が周囲温度にまで低下され、C

30* 【0121】D(3)、側出されたアルミニウム表面上での耐火金属膜の予備的な被着プロセス。

表2に於て、パラメータ設定状態B〜Dに対応する第3ステップに於て、ウェハの温度が120秒間に亘って約450°C加熱され、パラメータ設定状態Aと同様の流量をもって、耐火金属検出ガスが、H₂及びArと共にチャンバ内に注入される。最初、WF₆がアルミニウム皮膜とのみ反応し、以下の式5に示されるように、数層の耐火金属単元被膜を被着することから、耐火金属の選択的な被着は、アルミニウム金属皮膜上に於てのみ行われる。

【0122】

(式5)

※2 が、アルミニウム皮膜の表面に於て、耐火金属系ガスを還元することができる。

【0124】

(式6)

V Dチャンバ内の圧力が増大される。表2に於けるパラメータDに示されるように、チャンバ内のガスがバージ

33

される。前記したように図6に示されたような適切なバルブを操作することにより、プロセスガスを所望の流量をもってCVDチャンパに導入することができる。

【0126】ステップ3の終了後に得られたウェハが図18に示されており、耐火金属膜220がアルミニウム膜220上に被覆される。

【0127】D(4)、還元性ガスS1H4を用いた接着プロセス。

パラメータ設定状態Eに於ては、S1H4がチャンパ内に注入される前に窒素下に於て再びWF6、H2及びArガスを約7秒間に亘ってCVDチャンパ内に吸入し、その後S1H4がCVDチャンパ内に導入された時にCVDチャンパ内にWF6が過剰に存在する。

【0128】第4ステップに於てパラメータFが用いられ、ウェハの温度が徐々に上昇する前に約5秒間に亘ってS1H4がCVDチャンパ内に注入される。S1H4は、露出アルミニウム皮膜上に、高速で耐火金属がチャンパされるようにするために用いられる。

【0129】第4ステップに於て、パラメータ設定状態G-1が用いられ、ウェハの温度が、4秒間に亘って約500°Cの温度に向けて徐々に高められ、この温度に5秒間保持される。この間に、S1H4の供給量が2.6 sccmから3.4 sccmに増大され、発熱還元反応により被覆された耐火金属膜の温度が上昇するに伴い、耐火金属の被覆速度を増大する。前記したように、反応に供給されるS1H4の量が增大するにも拘らず、発熱還元反応により被覆された耐火金属の温度が上昇するために、被覆された耐火金属の柱状の粒子構造が保存される。

【0130】第4ステップの終了後のウェハの状態が19図に示されており、耐火金属(W51x)膜222が耐火金属(W)膜220上に被覆されている。

【0131】D(5)、ウェハの処理。

第5ステップに於てはパラメータ設定状態M〜Oが用いられ、CVDチャンパ内のガスが排出されるに伴い、図8に於けるランプ126への電力の供給を徐々に減少させることによりウェハを冷却する。パラメータ設定状態Nに於ては、図8に於けるランプ126に供給される電力を減少させることにより、ウェハの温度を45秒間に亘って周囲温度にまで徐々に低下させる。

【0132】CVDチャンパ104の圧力が800mtorrとなり、真鍮チャンパ114の圧力が1.0 torrとなるように、H2及びArガスがCVDチャンパ内に注入される。パラメータ設定状態Oに於て、プロセスガスが再び除去される。CVDチャンパ内のガスがポンプにより除去され、ウェハ搬送システム214と、CVDチャンパ216との間のロードロックが開かれる。米国特許第4,796,562号明細書に記載されたものと同様の要素をもって、マニピュレータームによりウェハをCVDチャンパ216から取出し、ウェハ搬送シ

34

テム214内のカセット内に配置する。ウェハをウェハ搬送システム214から取出すために、N2がウェハ搬送システム214内に注入し、システム214の圧力が大気圧よりもやや高くなるようにする。次に、低温されたウェハ及び同一ロット内の他のウェハを受容するカセットが取り出される。

【0133】焼戻しステップは、ウェハに対する全ての処理が終了した時点で行われることから、この時点で於て被覆膜からシリサイドを形成するため、焼戻しステップが必要とされない。

【0134】上記したプロセスにより、1ミクロンの厚さを有するビア膜を形成することができる。

【0135】次に、図20に示されるように、公知の方法を用いて、ウェハの表面にアルミニウム皮膜24を形成する。被覆された耐火金属222がアルミニウム皮膜202及び224間を形成する。

【0136】E、2つの金属皮膜間にビア膜を形成するためのプランケット接着プロセス。プランケット接着プロセスにより、2つの金属皮膜間に耐火金属からなるビア膜を形成するためには、ウェハの表面をスパッタエッチングする必要がない。従って、ウェハは、図21に示されるように、ウェハ搬送システム214を介してCVDチャンパ210内に配置される。

【0137】次に、S1H4が265°C〜500°Cの範囲の被覆温度に於て、2秒間に亘ってCVDチャンパ210内に導入され、アルミニウム及び酸化物の表面へのプランケット接着を促進する。

【0138】次に、所望のバリッド膜が形成されるまで、S1H4と共に、WF6を注入する。これまでのプランケット接着プロセスは、図12及び図13について前記したのと同等であるが、アルミニウムの融点が比較的低いことから、被覆温度500°Cを超えてはならない。

【0139】耐火金属バリッド膜が所望の厚さに被覆された後、耐火金属がエッチングされ、所望の厚さを有するビア膜のみが残される。

【0140】更に、公知の方法を用いてウェハの表面上に銅金属皮膜を形成する。このようにして得られた構造は、図20に示されたものと同等であるが、純粋な耐火金属皮膜220は、このプランケット接着プロセスの間には形成されない。

【0141】前記したプロセスの場合と同様に、高い再現性及び良好な結果を確保するために、反応による副産物の滞留時間を10ミリ秒以下とするために、反応性ガスは少なくとも99.999%の純度を有し、重要なガスの流れは、±0.2 sccmの範囲で制御されなければならない。

【0142】F、追加のプロセス及び装置の特徴。

或る数のウェハが上記したいずれかの方法を用いて処理された後、図8に於ける石英チャック102などからなるCVDチャンパの部分の表面には、耐火金属の皮膜が

35

形成され、放射エネルギーを好ましくない程度に吸収し、プロセスチャンパ内のガスと反応するように。チャンパを清浄化したい場合には、例えば図6に示されるようなパルプ17、37、38を開くことにより、NF3からなるエッチングガスをチャンパ内に導入する。従来の技術によれば、このエッチングステップは、CVD室が室温下にある間に行われる。この従来の技術に基づく方法の欠点は、NF3がチャンパ内の石英(SiO2)と、或いはチャンパ内に残留する反応副産物と反応することにより、SiF4その他のフッ化物の凝縮物を形成する点にある。

【0143】このような凝縮を行うという問題を回避するため、NF3によりチャンパをエッチングする間に、*

ステップ	NF3	H2	時間
A	15sec	0	1分
B	0	0	1分
C	0	175sec	1分
D	0	0	1分
E	0	350sec	1分
F	0	0	1分

【0146】表3のステップAに於て、50secのNF3が図8に示されたCVDチャンパ104に向けて80mtorr以下の低い圧力をもって注入される。CVDチャンパの石英壁面が約90°Cに維持される間に、200ワットのRFパワーを5分間に亘って供給する。図8に於ける裏面チャンパ114を加圧するために何ら裏面ガスを要しない。

【0147】ステップBに於ては、RFパワーが遮断され、NF3ガスがチャンパから吸い出される。

【0148】ステップCに於ては、175secのH2がCVDチャンパ内に注入され、チャンパ内の残留物を除去するために、5分間に亘って200ワットのRFパワーが再び供給される。

【0149】ステップDに於て、チャンパが再び真空状態にされる。ステップEに於ては、350secのH2が、5分間に亘って800mtorrのチャンパ圧力に於て、CVDチャンパ内に注入され、エッチングプロセスにより発生した不純物を排出する。

【0150】ステップFに於ては、チャンパが再び真空状態にされる。このようにしてCVDチャンパは清浄化され、次の接着プロセスを行い得るようになる。

【0151】NF3が腐食性であるため、比較的反応性を有する銅製ガスケットを全てアルミニウム製のガスケットと交換しておくのが好ましい。

【0152】本発明に基づく耐熱金属膜を被覆するプロセスの好適実施例に於ける更に別の新規な特徴として、改善された拡散ガス手段を備え、図8に示されるようなリング108及び110などからなるガスジェ

36

*チャンパの圧力を約80mtorr以下に維持しつつ、反応チャンパの壁面を、例えばMiyax社により製造される円形加熱ユニットなどを用いて、65°C以上に加熱する。この新規な方法によれば、この温度に於ては、SiF4その他のフッ化物が揮発性であって、NF3と共にバージされることから、凝縮現象を回避することができる。

【0144】以下に示す表3は、図8に示されたCVDチャンパなどからなるCVDチャンパをNF3を用いてエッチングするためのプロセスの好適実施例を示す。

【0145】

【表3】

圧力	パワー	壁面温度
86 atorr	200W	10°C
86	0	10°C
86	200W	10°C
86	0	94°C
860	0	90°C
86	0	90°C

クタリングをCVDチャンパ内で使用することにより、これによりCVDチャンパ内に於てリングから放出されるガスを均一に拡散させることができる。図2及び図24に示された好適実施例に於ては、ガスインジェクタリング260に対してステンレス鋼の粒子或いはその他の不腐性材料の粒子からなる拡散手段262が導入されている。この拡散手段に於ては、ステンレス鋼などからなる材料の粒子が互いに焼結され、粒子間を通過するガスをランダムに配向させることができる。好ましくは、粒子の平均直径を0.5〜2.0ミクロンとする。好適実施例に於ては、拡散手段262の厚さは約1.57mm(0.062インチ)であり、拡散手段262の直径は約17.8cm(7インチ)である。しかしながら、特定の要請に適合するように、拡散手段262及びリングの寸法を任意に定めることができる。

【0153】非多孔質の支持リング264は、ステンレス鋼からなるのが好ましい。実用的な実施例に於ては拡散手段を、コネチカット州フアモントに所在するMott Metallurgical Corporationにより市販されている焼結ステンレスシート材を、所望の形状に切断することにより形成することができる。リング状をなす拡散手段262は、非多孔質の支持リング264に密接される。入力ポート266からガスをインジェクタリング262内に導入することができる。

【0154】上記したプロセスを実施するのに好適な装置に於て、図2に示されるように、種々の流れ及びプロセスパラメータはコンピュータの制御のもとに自動的

に行われる。

【0155】このように種々の上記したプロセスを自動化することにより、人間の誤りに起因する問題を回避することができる。

【0156】当業者であれば所望の特性を有する耐火金属膜を被着し得るようなプロセスを自動化するようなソフトウェアプログラム及び制御システムを容易に開発することができる。好適実施例に於て、ソフトウェアは、前記した選択的な接着プロセスに於ける第4ステップに関連して言及されたガスラインパージ機能を制御するた

めに用いることができる。

【0157】上記した好適実施例は、本発明に基づく耐火金属を被着するために用いられるプロセス及び構造はいは概ねの実施例を示したもので、本発明を何ら限定するものではないことを了解されたい。容易に理解し得るように、上記以外でも、適当な耐火金属系のガス或いは還元性ガスを上記したプロセスに於て用いることができる。いずれにせよ、当業者であれば、本発明の概念から逸脱することなく種々の変形・変更実施例を思い至ることを了解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好適実施例に基づく耐火金属プロセスにより処理されたシリコンウェハを示す断面図である。

【図2】本発明の好適実施例に基づく耐火金属プロセスにより処理されたシリコンウェハを示す断面図である。

【図3】本発明の好適実施例に基づく耐火金属プロセスにより処理されたシリコンウェハを示す断面図である。

【図4】本発明の好適実施例に基づく耐火金属プロセスにより処理されたシリコンウェハを示す断面図である。

【図5】本発明の好適実施例に基づく耐火金属プロセスにより処理されたシリコンウェハを示す断面図である。

【図6】本発明の好適実施例に於て用いられたガス分配ボックス内の部品を示すダイアグラム図である。

【図7】分配ボックス内の部品をベークするために用いられる加熱要素と共に、図6に示されたガス分配ボックスを示す斜視図である。

【図8】本発明の好適実施例に於て用いられるCVDチャンバを示すダイアグラム図である。

【図9】N及びP型シリコン領域の放射率対温度の関係を示すグラフ図である。

【図10】プロセスガスのS/H4対WF6比に対する被着膜のS/H4比の関係を示すグラフ図である。

【図11】S/H4対WF6比と被着速度との関係を示すグラフ図である。

【図12】本発明の好適実施例に基づくブランケット被着プロセスにより処理されたシリコンウェハを示す断面図である。

【図13】本発明の好適実施例に基づくブランケット被着プロセスにより処理されたシリコンウェハを示す断面図である。

【図14】本発明の好適実施例に基づくブランケット被着プロセスにより処理されたシリコンウェハを示す断面図である。

【図15】本発明の好適実施例に基づくブランケット被着プロセスにより処理されたシリコンウェハを示す断面図である。

【図16】本発明の好適実施例に基づく、多結晶シリコンと金属皮膜との間のピア膜を形成するためのプロセスの終了後のシリコンウェハを示す断面図である。

【図17】本発明の好適実施例に基づく2つの金属皮膜間にピア膜を形成するためのプロセスにおけるシリコンウェハの断面図である。

【図18】本発明の好適実施例に基づく2つの金属皮膜間にピア膜を形成するためのプロセスにおけるシリコンウェハの断面図である。

【図19】本発明の好適実施例に基づく2つの金属皮膜間にピア膜を形成するためのプロセスにおけるシリコンウェハの断面図である。

【図20】本発明の好適実施例に基づく2つの金属皮膜間にピア膜を形成するためのプロセスにおけるシリコンウェハの断面図である。

【図21】ピア膜形成過程を形成するために適する装置の好適実施例を示すブロック図である。

【図22】スパッタエッチングガスのためのガス分配ネットワークを示す回路図である。

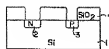
【図23】本発明の好適実施例に於て用いられたガス拡散手段の斜視図である。

【図24】本発明の好適実施例に於て用いられたガス拡散手段の斜視断面図である。

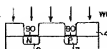
【符号の説明】

- 1 シリコン基層
- 2 N型領域
- 3 P型領域
- 4 酸化膜
- 5 ネットワーク
- 6~11 入力ポート
- 12~15、22、24、26、27、40、41、4
- 7 4バルブ
- 25、30、46、51 ガスライン
- 104 CVDチャンバ
- 126 ランプ
- 170 多結晶シリコン膜
- 172 絶縁膜
- 174 ピア膜
- 178 金属皮膜
- 210 CVDチャンバ
- 212 スパッタエッチングチャンバ
- 214 ウェハ搬送システム
- 216、218 ガスライン
- 219 ガスボックス

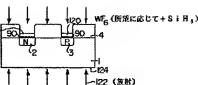
【図1】



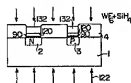
【図2】



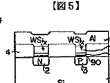
【図3】



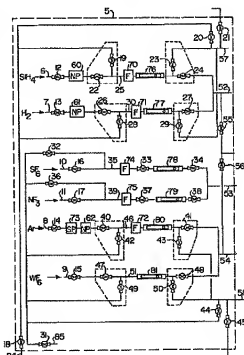
【図4】



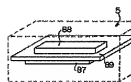
【図5】



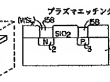
【図6】



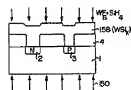
【図7】



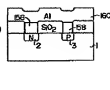
【図14】



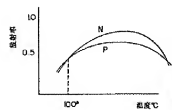
【図13】



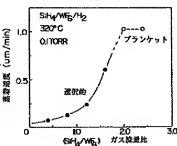
【図16】



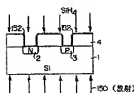
【図9】



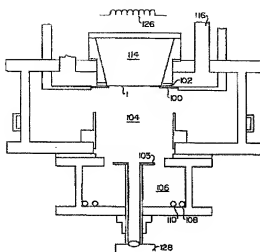
【図11】



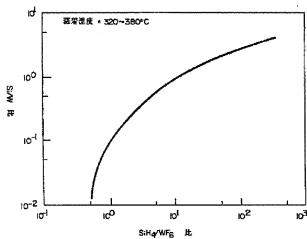
【図12】



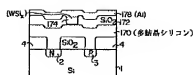
【図8】



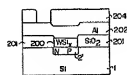
【図10】



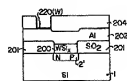
【図16】



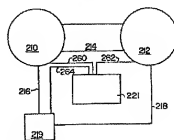
【図17】



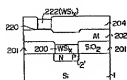
【図18】



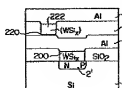
【図21】



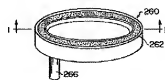
【図19】



【図20】



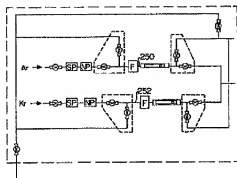
【図23】



(23)

特開平4-226029

【図22】



【図24】

